

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-126833

(43)Date of publication of application : 16.05.1997

(51)Int.Cl.

G01D 21/00
G22C 45/00
G01B 21/30
G01L 1/18
G01N 37/00
G01P 15/12
H01L 21/3065

(21)Application number : 07-283624

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 31.10.1995

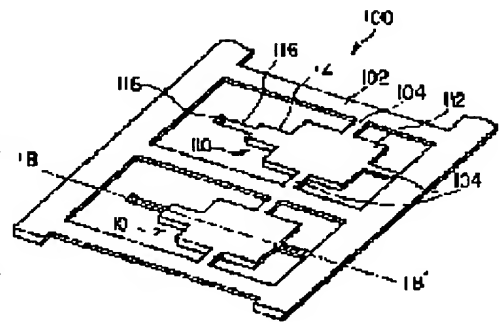
(72)Inventor : TODA AKITOSHI
MATSUYAMA KATSUHIRO
HATA SEIICHI

(54) BEAM STRUCTURE OF AMORPHOUS ALLOY AND ITS MANUFACTURING METHOD

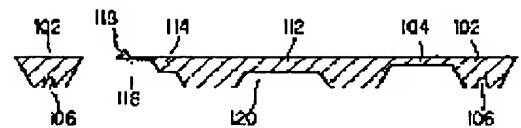
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a conductive beam structure with high hardness and high toughness.

SOLUTION: A beam structure array 100 contains a plurality of beam structures 110. Each beam structure 110 contains a supporting 112, an intermediate supporting part 114 thinner than the supporting part 112, a cantilever part 116 extending from the intermediate supporting parts 114 and a protruding part 118 formed on the tip of the cantilever part 116. The supporting part 112 of each beam structure 110 is connected to a frame 102 with three connection members 104. The form of cantilever part 116 has length of 1mm, a width of $250\mu\text{m}$ and a thickness of $15\mu\text{m}$, and the protruding part 118 has height of $2.8\mu\text{m}$. The beam structure array 100 is formed out of the same amorphous alloy material, and, for example, with the use of superplastic flow in a supercooled liquid area that the amorphous alloy has, manufacture is performed with what is called a forging method.



(A)



(B)

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-126833

(43)公開日 平成9年(1997)5月16日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 D 21/00			G 0 1 D 21/00	G
C 2 2 C 45/00			C 2 2 C 45/00	
G 0 1 B 21/30			G 0 1 B 21/30	Z
G 0 1 L 1/18			G 0 1 L 1/18	
G 0 1 N 37/00			G 0 1 N 37/00	A
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平7-283624

(22)出願日 平成7年(1995)10月31日

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 戸田 明敏

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 松山 克宏

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 秦 誠一

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパス光学工業株式会社内

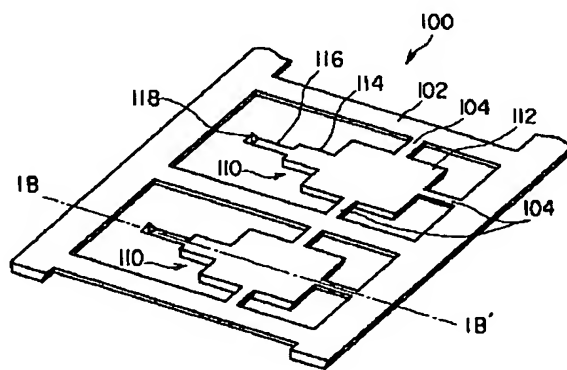
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 非晶質合金製の梁構造体とその作製方法

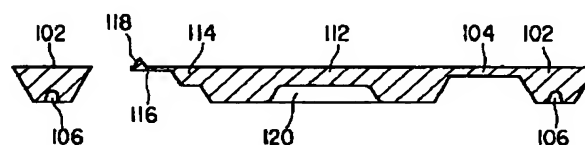
(57)【要約】

【課題】高硬度で高い靱性を有する導電性の梁構造体を提供する。

【解決手段】梁構造体アレイ100は複数の梁構造体110を有している。各梁構造体110は、支持部112、支持部112よりも薄い中間支持部114、中間支持部114から延びた片持ち梁部116、片持ち梁部116の先端に形成された突起部118を有している。各梁構造体110の支持部112は三本の連結部材104によってフレーム102に連結されている。片持ち梁部116の形状は長さ1mm、幅250μm、厚さ15μmであり、突起部118の高さは2.8μmである。この梁構造体アレイ100は同一の非晶質合金材料で作られており、例えば、非晶質合金の持つ過冷却液体域での超塑性流動を利用して、いわゆる鍛造法によって作製される。



(A)



(B)

【特許請求の範囲】

【請求項1】支持部と、支持部に保持される梁形状の弾性部とを有する梁構造体であって、少なくとも梁形状の弾性部が非晶質合金であることを特徴とする梁構造体。

【請求項2】支持部と、支持部に保持される梁形状の弾性部と、弾性部に形成された突起部とを有している梁構造体であって、少なくとも突起部が非晶質合金であることを特徴とする梁構造体。

【請求項3】板状の非晶質合金をそのガラス遷移温度と結晶化温度との間の温度領域に加熱し、非晶質合金の結晶化が始まらない所定時間の間に、所定の圧力で成形用型材を当て付けて非晶質合金を成形する工程と、成形がなされた非晶質合金をフォトリソグラフィにより更に成形する工程とを有している、請求項1または請求項2に記載の梁構造体の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、振動や変位などの機械物理量を測定するためのセンサーなどに用いる梁型の微小構造体とその作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、マイクロセンサーやマイクロマシン技術の研究開発が盛んである。なかでも半導体プロセスを応用しシリコン部材を加工して作製した、振動や変位などの機械物理量を検出するマイクロセンサーは各所で実用されるまでに至っている。このようなセンサーでは、半導体プロセスを応用して片持ち梁あるいは両持ち梁などの弾性を有する部材を作製しているものが多く、半導体プロセスの高い加工精度により、従来のセンサーと比較して小型化、高性能化といった機能面での向上がはかられている。また、それと同時に、バッチファブリケーションによる低コスト化が実現されている。

【0003】例えば、マイクロマシニングにより作製した梁形状を有する微小構造体の実用例として、走査型プローブ顕微鏡（SPM）用のカンチレバーがある。走査型プローブ顕微鏡は、プローブ即ち探針を試料表面に1 μ m以下まで近接させた時に両者の間に働く相互作用を検出しながらXY方向あるいはXYZ方向に走査することにより、その相互作用の二次元マッピングを行う装置であり、走査型トンネリング顕微鏡（STM）、原子間力顕微鏡（AFM）、磁気力顕微鏡（MFM）などの総称である。SPMへのカンチレバーの応用はAFMにおいて初めて行われ、カンチレバー先端に形成した探針

（突起部）を試料表面に近づけた時、探針に働く力に応じて変位するカンチレバーの変位を例えば光学式の変位センサーにより検出して、間接的に試料表面の凹凸情報を得るのに利用している。このような装置は、例えば特開昭62-130302（G. Binnig；IBM）などに開示されており、最近では、導電性のカンチレバーを用いることによりSTM測定とAFM測定を同時に

行い試料表面の凹凸と電気的な特性を比較評価する試みも行われている。また、半導体プロセスを用いて作製するSPM用のカンチレバーとしては、例えば「Thomas R. Albrecht, Calvin F. Quate, "Atomic resolution imaging of a nonconductor by Atomic force Microscopy", J. Appl. Phys., 62 (1987) 2599」などに記載されている。このようなカンチレバーのおおよその大きさとしては、カンチレバー部分のみをみれば、長さ100 μ mから数mm、幅20 μ mから500 μ m、厚さ0.2 μ mから20 μ m程度である。またその先端に形成される探針は、探針高さ0.5 μ mから30 μ m、探針先端の曲率半径は数nmから0.5 μ m程度である。

【0004】また、圧力センサーや加速度センサーでは、シリコン部材をエッチングなどにより薄くしたメインプレインやカンチレバーなどの微小構造体が、外部圧力や外部振動により変形・変位するのを検出して、その圧力や加速度を測定している。このようなセンサーも前述のSPM用のカンチレバー同様、半導体プロセスを応用して片持ち梁あるいは両持ち梁などの弾性を有する部材を加工しており、この半導体プロセスの導入により従来のセンサーと比較して小型化、高性能化といった機能面での向上がはかられている。また、半導体プロセスのもう一つの特徴であるバッチファブリケーションによる低コスト化もはかられ、例えば後者の加速度センサーなどは自動車のナビゲーションシステムや衝撃感知システムに広く応用されている。L. M. Roylanceらは「IEEE Trans. on Electron Devices, ED-26(1979) pp.1911-1917」において、2mm \times 3mmの薄型の歪みゲージ型加速度センサーを発表している。その後、信号処理回路が一体化されたタイプなどの開発が進んでいるが、機械物理的な変化を引き起こす部分のはおよそその程度のサイズを有している。

【0005】このように現在のところ、マイクロマシニングで作製する構造体は、プロセス的またはコスト的な観点より、シリコンプレーナ技術を応用して作製されることが多く、材料としてはシリコンまたはその化合物が主に用いられている。

【0006】一方、金属部材を用いて微小構造体を作製しようという試みも始まっている。単結晶シリコンやその化合物などで作製される構造体は、一般的に折れ易い、導電性がない、あるいは低いなどの特性を持ち、応用用途によってはこれらが大きな欠点となることがある。これに対し、金属材料はそのような点で優れており、型材に金属の元部材を流し込んで微小構造体を作製するメタルインジェクションモールド技術の研究などは、そのような試みの代表例である。

【0007】更に、最近では微小構造体を形成するのに適した金属部材やその加工法の開発が進んでいる。例えば、非晶質合金材はその一例であり、特開昭62-74059（非晶質合金の加工方法：戸田幸生ほか）や特開

平5-309427（非晶質合金材の成形加工方法：増本健ほか）には、非晶質合金材を所望の形状・寸法に加工するのを可能にする方法について開示されている。非晶質合金材は通常の多結晶の金属部材と比べ、結晶粒界などの不均質部分が無いことから、耐腐食性に優れ、高い強度をもつ材料とされているが、今の所、具体的な応用については、非晶質合金材のなかでは非晶質合金磁性膜程度であって、構造体材料としての応用はほとんどされていない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】走査型プローブ顕微鏡においてSTM/AFM同時測定を行う時には、導電性のカンチレバーを使用する必要があるが、導電性が十分に確保された耐磨耗性に優れる探針を有した理想的な導電性のカンチレバーはまだ無い。STM/AFM同時測定では、従来よりこのことが問題として指摘されている。現在、市場から入手できるSTM/AFM同時測定用のカンチレバーとしては、窒化シリコンや単結晶シリコンで作製したカンチレバーの探針側に金や白金などの貴金属材を30nmから150nmコーティングしたものや、シリコン製のカンチレバーにボロニオンなどを高濃度にドーピングして導電性を付加したもの等が知られている。しかしながら、金属をコーティングしたカンチレバーでは、STM/AFM同時測定を行う際、探針を試料に接触させてXY方向に走査した場合、探針先端にコーティングされた金属が測定試料との摩擦により剥がれ、導電性が無くなってしまふことがあり、安定性に欠けるという問題がある。また、ドーピングを施してシリコン材に導電性を付加したカンチレバーでは、大気中において容易にその表面に自然酸化膜が形成されるため、大気中でのSTM/AFM同時測定では、十分な導電性と安定性が確保できないという問題がある。また、特に単結晶シリコン製のカンチレバーは窒化シリコンなどと比べ磨耗しやすく、測定中に探針（突起部）がすり減ってしまい、測定結果が測定時間（走査時間）とともに変化するという問題がある。更に、単結晶シリコン製のカンチレバーは折れやすく、作製中や包装輸送中に折れてしまうこともあり問題となっている。

【0009】これより、保存環境下で酸化することがなく、十分な導電性を有し、磨耗や折れの少ない機械的強度（硬度や靱性）の高い探針やカンチレバーが求められている。

【0010】また、加速度センサーとしては、宇宙ロケット搭載用など、かなり極端な環境で用いる時に、シリコンプロセスで作製したシリコン製の梁構造体の耐加速度を越え、さらに強い加速度を受けた時にも、梁部分が折れることなく測定できるような靱性が高く耐久性に優れる梁構造体が求められている。さらに、シリコンプレーンプロセスで三次元構造体としての梁構造を作るには、どうしても平坦な形状を基本に作ることであり、梁

部分すなわち振動部分の高次モードまでを考慮した共振特性や機械的Q値の設計の自由度が少ない。従って例えば片持ち梁の膜厚が自由端に向かって徐々に厚くなった構造や、逆に徐々に薄くなった構造などは作製することができない。

【0011】本発明の第一の目的は、高硬度で高い靱性を有する導電性の梁構造体を提供することにある。本発明の第二の目的は、導電性であって高硬度で形状安定性の高い探針を有した走査型プローブ顕微鏡装置用導電性カンチレバーとして用いる梁構造体を提供することにある。本発明の第三の目的は、梁構造体の振動特性の設計の自由度をあげる為、多様な構造体を作製する製造技術を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明による梁構造体は、支持部と、支持部に保持される梁形状の弾性部とを有する梁構造体であって、少なくとも梁形状の弾性部が非晶質合金であることを特徴とする。この梁構造体では、弾性部は、非晶質合金で作られており、高い靱性を有し折れ難い。

【0013】本発明による梁構造体は、支持部と、支持部に保持される梁形状の弾性部と、弾性部に形成された突起部とを有している梁構造体であって、少なくとも突起部が非晶質合金であることを特徴とする。この梁構造体では、突起部は、非晶質合金で作られており、導電性で低磨耗で形状安定性が高い。

【0014】本発明による梁構造体の作製方法は、板状の非晶質合金をそのガラス遷移温度と結晶化温度との間の温度領域に加熱し、非晶質合金の結晶化が始まらない所定時間の間に、所定の圧力で成形用型材を当て付けて非晶質合金を成形する工程と、成形がなされた非晶質合金をフォトリソグラフィーにより更に成形する工程とを有していることを特徴とする。この作製方法では、非晶質合金製の梁構造体は鍛造法を応用して作られる。

【0015】本発明による梁構造体の作製方法は、非晶質合金を溶解する溶液に対して溶解性を示さない第一の部材を表面に形成した成型用型部材の表面にスパッタリング法により非晶質合金層を成形用型部材上に形成する工程と、フォトリソグラフィーにより第一の部材をパターンニングする工程と、第一の部材もしくは同等な溶解特性を有する第二の部材を積層する工程と、第二の部材をフォトリソグラフィーによりパターンニングする工程と、非晶質合金を成形する工程と、支持部を接合する工程と、成型用型材を溶かし去る工程とを有していることを特徴とする。この作製方法では、非晶質合金製の梁構造体はスパッタリング法を応用して作られる。

【0016】本発明による梁構造体の作製方法は、粒状の非晶質合金をそのガラス遷移温度と結晶化温度との間の温度に加熱し、非晶質合金の結晶化が始まらない所定時間の間に、所定の圧力で成形用型材を当て付けて非晶

質合金を成形する工程と、気相蒸着法により非晶質合金周辺部を被う薄膜を形成する工程と、非晶質合金および／または薄膜をフォトリソグラフィーにより更に成形する工程と、支持部を接合する工程と、成型用型材を溶かし去る工程とを有していることを特徴とする。この作製方法では、非晶質合金製の突起部が鍛造法を応用して作られ、突起部を支持する梁が気相蒸着法を用いて作られ、両者は強固に接合される。

【0017】本発明による梁構造体の作製方法は、非晶質合金をそのガラス遷移温度と結晶化温度との間の温度に加熱し、成型用型を用いて同種の非晶質合金によりなる第一の部材と第二の部材を成形する工程と、成形された第一の部材または第二の部材の少なくとも一方の非晶質部材をフォトリソグラフィーによりパターンニングする工程と、第一の部材と第二の部材を貼り合わせ非晶質合金をその過冷却液体域にて接合する工程とを有していることを特徴とする。この作製方法では、非晶質合金製の複数の部材が鍛造法を応用して成形され、それらは非晶質合金の過冷却温度域で接合される。これにより、プレナープロセスでは作製が難しい複雑な構造体も容易に作製される。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施の形態について説明する。

＜第一の実施の形態＞第一の実施の形態の梁構造体について図1～図3を用いて説明する。本実施形態の梁構造体は、全体が非晶質合金で作製された査型プローブ顕微鏡用のカンチレバーチップである。

【0019】まず、図1を用いて梁構造体の構造について説明する。図1(A)は複数の梁構造体110を有する梁構造体アレイ100の斜視図であり、図1(B)は図1(A)の梁構造体アレイの1B-1B'線による断面図である。

【0020】図1から分かるように、梁構造体アレイ100は複数の梁構造体110を有している。各梁構造体110は、支持部112、支持部112よりも薄い中間支持部114、中間支持部114から延びた片持ち梁部116、片持ち梁部116の先端に形成された突起部118を有している。各梁構造体110の支持部112は三本の連結部材104によってフレーム102に連結されている。片持ち梁部116の形状は長さ1mm、幅250μm、厚さ15μmであり、突起部118の高さは2.8μmである。この梁構造体アレイ100（すなわちフレーム102と複数の梁構造体110と連結部材104とから成る構造体）は同一の非晶質合金材料からなっており、後述するように非晶質合金の持つ過冷却液体域での超塑性流動を利用して、いわゆる鍛造法によって作られる。なお、支持部112の裏側の凹部120とフレーム102の裏側の凹部106は、鍛造の際に生じた非晶質合金が充填されなかった部分である。

【0021】梁構造体110の各々は、フレーム102と支持部110をつないでいる三本の連結部材104をナイフ等で切断することによりフレーム102から個別に切り放され、使用に供される。すなわち、切り放された梁構造体110は、突起部118を測定試料表面に対峙させるようにして支持部112が走査型プローブ顕微鏡のカンチレバーホルダーに固定される。走査型プローブ顕微鏡は、測定試料と突起部118の間でXY方向もしくはXYZ方向に相対的な走査を行い、その時の片持ち梁部116の変位を例えば光学式の変位センサーを用いて測定することにより、試料表面の凹凸情報などを得る。

【0022】次に、図1に示した梁構造体アレイの作製方法について図2と図3を用いて説明する。梁構造体アレイ100は、それを構成する非晶質合金の持つ過冷却液体域での超塑性流動を利用して、いわゆる鍛造法により作製される。

【0023】まず、鍛造する際に使用する型板について図2を用いて説明する。鍛造には図2に示す二枚の型板130と140が使用される。型板130の表面には、図2(A)に示すように、逆ピラミッド形状のエッチピット132が形成されている。また、型板140の表面には、図2(B)に示すように、フレーム102に対応した溝142、連結部104に対応した溝144、支持部112に対応した凹部146、中間支持部114に対応した凹部148、さらに鍛造の際に押圧された非晶質合金を溝142へ逃がすための溝150が形成されている。

【0024】このような型板130と140は、(100)面方位の単結晶シリコンウェハー上に酸化シリコン膜を形成し、フォトリソグラフィーによりパターンニングした酸化シリコン膜をマスクとして、水酸化カリウム水溶液で湿式異方性エッチングすることにより容易に作製される。例えば、シリコンウェハー130のエッチピット132は、エッチング速度の遅いシリコンの(111)面を露出されることにより形成される。

【0025】次に、鍛造による梁構造体アレイの作製の手順について図3を用いて説明する。Zr₆₅Al_{17.5}Cu_{27.5}（ジルコニウム・アルミニウム・銅の合金：添字はatomic%である）を、アルゴン雰囲気中でアーク溶解し、単ロール法による液体急冷法により非晶質の板材として作製し、この板材をスタート材とする。

【0026】図3(A)に示すように、真空中において、スタート材である板状の非晶質合金部材160を二枚の型板130と140で挟み、400℃において1000秒間、10MPaの圧力を加える。スタート材160のZr₆₅Al_{17.5}Cu_{27.5}は、ガラス遷移点(T_g)370℃、結晶化開始温度(T_x)470℃であり、過冷却液体域を示す温度(T_xとT_gとの間)において高い流動性を示す。従って、スタート材160を二つの型

材130と140で挟んで圧力を加えることにより、型板130と140の凹凸形状がスタート材160に転写される。すなわち、スタート材160である非晶質合金が鍛造法により型板130と140の凹凸形状に成形される。なお、本実施形態においては、後に行うフォトリソグラフィーによる非晶質合金のパターニングのために、シリコン製の型板130には片面（エッチピット132の面）に窒化シリコン膜134が形成されたもの、シリコン製の型板140には両面に窒化シリコン膜152と154が形成されたものを用いる。これらの窒化シリコン膜は例えばLPCVD法（低圧—化学気相蒸着法）により形成される。

【0027】次に、これらの部材を真空中で室温まで冷却した後、大気中に取り出し、水酸化カリウム水溶液につけて型板130のシリコン部分を溶かし去り、純水により洗浄した後、表面にレジスト162をスピンコーティングし、図3（B）に示すように、フォトリソグラフィーにより片持ち梁部116の形状にパターニングする。

【0028】続いて、図3（B）の表面側の窒化シリコン膜132のレジスト162に被われていない部分をCF₄ガスによりドライエッチングにより除去し、引き続き、残ったレジストと窒化シリコン膜をマスクとして、フッ酸を用いて非晶質合金160をエッチングする。その後、型板140の下側の窒化シリコン膜154を除去した後、水酸化カリウム水溶液を用いて、シリコンを溶かし去り、最後に熱リン酸につけて、図3（C）に示す梁構造体すなわち図1に示した梁構造体アレイ100を得る。

【0029】このように作製された梁構造体は全体が同一の非晶質合金により形成されており、十分高い導電性と高い硬度を示す。これを走査型プローブ顕微鏡においてSTM/AFM同時測定を行う時のカンチレバーとして用いた場合には、従来の金属をコーティングして作製したカンチレバーに比べて、測定中の磨耗による導電性の劣化や探針（突起部）形状の変化などが少なく、安定した測定を行うことができる。また、非晶質合金から一体成形により作製されているので、作製後に梁部分が反るような問題も生じない。

【0030】＜第二の実施の形態＞本発明の第二の実施の形態について図4を用いて説明する。本実施形態の梁構造体は走査型プローブ顕微鏡用のカンチレバーチップである。図4（A）には一個だけの梁構造体200が示してあるが、実際にはこれらが複数つながったアレイとして作製される。

【0031】図4（A）に示すように、梁構造体200は、ガラスよりなる支持部202、それよりも薄い中間支持部204、中間支持部204より延出した片持ち梁部206、片持ち梁部206の自由端近傍に形成された突起部208を有している。片持ち梁部206と突起部

208は非晶質合金で作られている。

【0032】この梁構造体200は、使用の際は、第一の実施の形態と同様に、突起部208を測定試料表面に対峙させるようにして支持部202が走査型プローブ顕微鏡のカンチレバーホルダーに固定される。走査型プローブ顕微鏡は、測定試料と突起部208の間でXY方向もしくはXYZ方向に相対的な走査を行い、その時の片持ち梁部206の変位を例えば光学式の変位センサーを用いて測定することにより、試料表面の凹凸情報などを得る。

【0033】次に、この梁構造体200の作製の手順について説明する。まず、図4（B）に示すように、両面に窒化シリコン膜212と214を堆積した（100）面方位の単結晶シリコンウェハ210を用意し、上側の窒化シリコン膜212をフォトリソグラフィーによりパターニングして4μm×4μmの開口を開け、水酸化カリウム水溶液を用いて湿式異方性エッチングを行い逆ピラミッド型のエッチピットを形成した後、熱拡散炉において950℃で低温熱酸化を施して逆ピラミッド型のエッチピット部を選択酸化する。この低温熱酸化プロセスにより形成された酸化シリコン部216により、開口部218の底の部分が尖鋭化される。

【0034】次に、熱リン酸により窒化シリコン膜212と214を除去した後、再度、LPCVD法（低圧—化学気相蒸着法）により0.25μm厚さの窒化シリコン膜220と221を堆積する。この窒化シリコン膜220は、後のプロセスにおいて、フッ酸により酸化シリコン層216をエッチングする際に非晶質合金がエッチングされるのを防ぐ。続いて、窒化シリコン膜220上にRFスパッタリングにより、第一の実施の形態で用いたものと同じ非晶質のZr₆₅Al_{17.5}Cu_{27.5}合金222を堆積し、レジスト224をスピンコーティングした後、フォトリソグラフィーによりパターニングを施して、レジスト224をマスクに、フッ酸により非晶質合金222をエッチングしパターニングする（図4（C））。

【0035】次に、図4（D）に示すように、RFスパッタリングにより窒化シリコン膜226を堆積し、その上に低融点ガラス層228を同じくRFスパッタリングにより形成する。続いて、シリコンウェハ上にガラスよりなる支持部230を乗せ、150℃に加熱して両者を接合する（図4（E））。

【0036】その後、ドライエッチングにより窒化シリコン膜221を取り除いた後、水酸化カリウム水溶液でシリコン部210を溶かし去り、フッ酸により酸化シリコン部216および片持ち梁上のガラス層228を除去し、最後に熱リン酸により非晶質合金製の梁の周囲の窒化シリコン膜220と226を除去して、図4（F）に示す梁構造体すなわち図4（A）に示した梁構造体200を得る。

【0037】本実施形態によれば、高い靱性を有する非晶質合金製の片持ち梁部206の自由端近傍に、磨耗特性に優れる非晶質合金製の鋭く尖った突起部208を持つ梁構造体200を作製することができる。このような梁構造体200は、走査型プローブ顕微鏡に用いてSTM/AFM同時測定を行う時に使用する場合、安定した導電性を示す形状安定性の高い突起部（探針）により、再現性の高い測定が行える。更に、突起部208は、第一の実施の形態の梁構造体110の突起部118より一層鋭い先端形状とすることが可能であることから、AMF測定における高い横方向分解能も達成される。また、片持ち梁部206の靱性も高く、操作ミスにより試料と探針208を激しく衝突させた場合にも、片持ち梁部206が折れるようなことが無くなり、耐久性の高いカンチレバーチップを提供することができる。

【0038】＜第三の実施の形態＞本発明の第三の実施の形態について図5を用いて説明する。本実施形態の梁構造体は走査型プローブ顕微鏡用のカンチレバーチップであり、第二の実施の形態に類似している。図5（A）には梁構造体302が三つつながって作製された梁構造体アレイ300が示してある。

【0039】図5（A）に示すように、各梁構造体302は、端部が薄くなっているガラスよりなる支持部304と、そこから延出した片持ち梁部306と、その自由端近傍に形成された突起部308を有しており、突起部308は非晶質合金で作られている。

【0040】各梁構造体302は、第一の実施の形態と同様に、他の梁構造体302から切り離され、突起部308が測定試料表面に対峙するようにして支持部304が走査型プローブ顕微鏡のカンチレバーホルダーに固定される。走査型プローブ顕微鏡は、測定試料と突起部308の間でXY方向もしくはXYZ方向に相対的な走査を行い、その時の片持ち梁部306の変位を例えば光学式の変位センサーを用いて測定することにより、試料表面の凹凸情報などを得る。

【0041】本実施形態では、導電性であって高い硬度を持つ非晶質合金を突起部（探針）308のみに用いて、片持ち梁部の構造材にはシリコン化合物を用いている。この構造によれば、第一の実施の形態のように鍛造により片持ち梁部分を形成するよりも、片持ち梁部の厚さコントロールが正確に行うことができ、よりバネ定数の小さい片持ち梁とするのが容易になる。

【0042】以下、その作製方法について説明する。図5（B）に示すように、面方位（100）の単結晶シリコンウェハー310を水酸化カリウム水溶液により湿式異方性エッチングして、 $4\mu\text{m}\times 4\mu\text{m}$ の開口をもつ逆ピラミッド型のエッチピット311を形成し、前述の梁構造体302の突起部308を鍛造するための成形用型材とする。このエッチピット311に約 $\phi 10\mu\text{m}$ の非晶質の $Zr_{65}Al_{17.5}Cu_{27.5}$ 合金の粒312を置き、

真空中で 400°C の温度下、加圧部材314により1000秒間、10MPaで圧力を加えて鍛造する。

【0043】このプロセスにより非晶質合金の粒312は、図5（C）に示すように、エッチピット311を埋めるように変形して非晶質合金製の突起部316が成形される。このとき、突起部316は、シリコン製の成形用型材310の表面より上の部分では、中程の部分316bが、上側エッジ316aや下側エッジ316cよりも膨らんだ形状となる。

【0044】次に、室温まで冷却し、大気中に取り出した後、図5（D）に示すように、PECVD法（プラズマ気相蒸着法）により表面に $0.5\mu\text{m}$ 厚さに窒化シリコン膜318を堆積する。CVD法は、ステップカバレッジが良いので、下側エッジ316cのように上から見たとき陰になるような部分へも回り込んで成膜が行える。

【0045】続いて、図5（E）に示すように、突起部316の上の部分の窒化シリコン膜318をフォトリソグラフィによりパターニングして開口320を形成し、RFスパッタリングにより低融点ガラス322を成膜する。

【0046】その後、図5（F）に示すように、ガラス膜322の上にガラス製の支持部材324を置き 150°C に加熱して接合する。そして、水酸化カリウム水溶液によりシリコン製の成形用型材310を溶かし去り、フッ酸により窒化シリコン膜318上の低融点ガラス膜322を除去し、真空蒸着によりクロミウムを介して80nm厚さの金を、図の左上の方向に蒸着源が来るようにして斜め蒸着して、図5（G）に示す梁構造体すなわち前述の梁構造体302を得る。

【0047】本実施形態では、鍛造プロセスの際に成形用型材310と加圧部材314による加圧により、非晶質合金粒312は潰れて横方向に張り出した形状の突起部316に成形され、その上からステップカバレッジの良い成膜法を用いて窒化シリコン膜318を成膜しているため、突起部316を抱え込むように成膜がされ、最後にシリコン310を溶かし去った時も、突起部316はしっかりと窒化シリコン膜318に固定されており、ぐらついたり、落ちたりすることが無い。このように横方向に張り出した形状の突起部316を作ることは、エッチングなどの他の方法では難しく、鍛造技術の特徴が生かされている。

【0048】＜第四の実施の形態＞第四の実施の形態について図6を用いて説明する。本実施形態の梁構造体は走査型プローブ顕微鏡用のカンチレバーチップである。

【0049】図6（A）に示すように、梁構造体400は、支持部402と、そこから延びる片持ち梁部404を有しており、これらは非晶質合金により一体的に形成されている。片持ち梁部状404は、図6（B）に示すように、五角形の断面形状をしており、その上面404

aは平坦で、走査型プローブ顕微鏡の光変位センサーから照射される光を反射する反射面として機能する。また、下側両側面404bと404cが交わった稜線の先端406は走査型プローブ顕微鏡に実装された際に試料に最も近づけて配置される箇所であり、探針として機能する。

【0050】梁構造体400は、図6(C)に示すように、非晶質合金をそのガラス遷移温度と結晶化温度との間の温度に加熱し、二つの成形用型420と430を用いて成形およびパターニングして、それぞれの形状を転写した非晶質合金422と432を形成した後、両者を向かい合わせて貼り合わせ、梁部分の非晶質合金422aと432をその過冷却液体域にて接合して作製される。このように同種の非晶質合金をその過冷却液体域にて加圧すると容易に接合され、図6(A)に示すような複雑な形状の構造体も容易に作製することができる。

【0051】このような形状の梁構造体400を走査型プローブ顕微鏡用のカンチレバーとして用いると、振動の減衰特性が改善され、より高感度で走査型プローブ顕微鏡測定を行うことができる。より具体的には、液体中など、粘性の大きな媒体中でこのカンチレバー400を振動させ、その振動特性の変化から測定試料の凹凸形状あるいは弾性特性を測定する場合、梁構造体400は、振動する片持ち梁部404の断面形状が図6(B)に示すように五角形であり、流線型に近くなっているため、板状のカンチレバーなどと比べ液体の抵抗を受けにくい。このため減衰特性が改善され、より高い機械的Q値を示す。

【0052】本実施形態の形状の梁構造体は、シリコンプロセスのみで作製するのは極めて難しいが、本実施形態で述べたように、複数の成形用型により作製した部材を貼り合わせ接合することにより容易に作製することができる。

【0053】＜第五の実施の形態＞本発明の第五の実施の形態を図7を用いて説明する。本実施形態の梁構造体は加速度センサーの振動部である。

【0054】図7(A)に示すように、加速度センサーの振動部500は、固定部502とおもり部506を有し、おもり部506はコの字状の溝504により固定部502から三方が分離され、保持部508に介して支持されている。おもり部506は、図7(B)に示すように、自由端側が厚く、保持部508に近づくにつれて徐々に薄くなっている。

【0055】この振動部500を用いた加速度センサーによる加速度の測定は、静電容量方式の検出手段により行われる。すなわち、おもり部506の上面の上方に平板状の電極を配置して、おもり部506と電極とで容量を構成する。おもり部506が加速度を受けると、おもり部506が慣性力により動き、容量が変化する。この容量の変化を検出することにより、おもり部506が受

けた加速度が求められる。

【0056】これまでの代表的な加速度センサー（片持ち梁タイプ）は、その断面を図7(C)に示すように、おもり部526は一定の厚さで、薄くなった梁部分528によって固定部522に連結されている。このような梁構造体では、薄くなった梁部分528の両側に応力集中するので、基本振動モードの周波数の近くに高次の振動モードが現れる。

【0057】これに対して、本実施形態の梁構造体500では、保持部508の一箇所に応力が集中するので、基本振動モードと高次の振動モードの周波数をより離れた位置に設計することができる。このため、モードの干渉による測定精度の低下を抑えることができる。

【0058】このように厚さを徐々に変わる梁構造は、従来のシリコンプレーナプロセスを用いてシリコンで作成することは難しく、あるいはコスト高になるが、鍛造法により作製するには、容易に作製することができる。

【0059】なお、上述した実施の形態においては、非晶質合金として $Zr_{65}Al_{7.5}Cu_{27.5}$ 合金を用いたが、本発明はこれに限定されない。本発明で好ましく用いられる非晶質合金は、加工し易く、鍛造時の結晶核発生などを抑えるため、40℃以上の過冷却液体域温度幅($\Delta T_x = T_x - T_g$)を有する非晶質合金が選ばれ、例えば、 $La_{55}Al_{25}Ni_{20}$ の非晶質合金($T_g = 200^\circ C$ 、 $T_x = 275^\circ C$)や、 $Fe_{73}Al_5Ga_2P_{11}C_5B_4$ の非晶質合金($T_g = 450^\circ C$ 、 $T_x = 510^\circ C$)なども使用可能である。更に、特開平7-26354に記載されているように、組成に関わらず非晶質合金成形時の加熱温度を上げることにより ΔT_x が広がることが知られており、そのような観点からも本発明は非晶質合金の組成によっては限定されない。

【0060】本発明は、上述の実施の形態に何等限定されるものではない。発明の要旨を逸脱しない範囲で行なわれる実施は、すべて本発明に含まれる。本明細書には以下の各項に記した発明が含まれている。

【0061】1. 支持部と、支持部に保持される梁形状の弾性部とを有する梁構造体であって、少なくとも梁形状の弾性部が非晶質合金であることを特徴とする梁構造体。

2. 支持部と、支持部に保持される梁形状の弾性部と、弾性部に形成された突起部とを有している梁構造体であって、少なくとも突起部が非晶質合金であることを特徴とする梁構造体。

【0062】3. 板状の非晶質合金をそのガラス遷移温度と結晶化温度との間の温度領域に加熱し、非晶質合金の結晶化が始まらない所定時間の間に、所定の圧力で成形用型材を当て付けて非晶質合金を成形する工程と、成形がなされた非晶質合金をフォトリソグラフィーにより更に成形する工程とを有している、第1項または第2項に記載の梁構造体の作製方法。

【0063】4. 非晶質合金を溶解する溶液に対して溶解性を示さない第一の部材を表面に形成した成型用型部材の表面にスパッタリング法により非晶質合金層を成型用型部材上に形成する工程と、フォトリソグラフィにより第一の部材をパターニングする工程と、第一の部材もしくは同等な溶解特性を有する第二の部材を積層する工程と、第二の部材をフォトリソグラフィによりパターニングする工程と、非晶質合金を成形する工程と、支持部を接合する工程と、成型用型材を溶かし去る工程とを有している、第1項または第2項に記載の梁構造体の作製方法。

【0064】5. 粒状の非晶質合金をそのガラス遷移温度と結晶化温度との間の温度に加熱し、非晶質合金の結晶化が始まらない所定時間の間に、所定の圧力で成型用型材を当て付けて非晶質合金を成形する工程と、気相蒸着法により非晶質合金周辺部を被う薄膜を形成する工程と、非晶質合金および／または薄膜をフォトリソグラフィにより更に成形する工程と、支持部を接合する工程と、成型用型材を溶かし去る工程とを有している、第1項または第2項に記載の梁構造体の作製方法。

【0065】6. 非晶質合金をそのガラス遷移温度と結晶化温度との間の温度に加熱し、成型用型を用いて同種の非晶質合金によりなる第一の部材と第二の部材を成形する工程と、成形された第一の部材または第二の部材の少なくとも一方の非晶質部材をフォトリソグラフィによりパターニングする工程と、第一の部材と第二の部材を貼り合わせ非晶質合金をその過冷却液体域にて接合する工程とを有している、第1項または第2項に記載の梁構造体の作製方法。

【0066】

【発明の効果】本発明によれば、非晶質合金で作製され

た、高硬度で高い靱性を有する導電性の梁構造体を得られる。本発明によれば、高硬度で形状安定性の高い導電性の探針を備えた、走査型プローブ顕微鏡におけるSTM/AFM同時測定に適したカンチレバーが得られる。本発明によれば、梁構造体の振動特性の設計の自由度が高い、梁構造体の作製方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)は第一の実施の形態による複数の梁構造体を有する梁構造体アレイの斜視図であり、(B)は(A)の梁構造体アレイの1B-1B'線による断面図である。

【図2】図1の梁構造体を鍛造する際に使用する二枚の型板の斜視図である。

【図3】図1の梁構造体を作製する工程を説明するための図である。

【図4】第二の実施の形態による梁構造体とそれを作製する工程を説明するための図である。

【図5】第三の実施の形態による梁構造体とそれを作製する工程を説明するための図である。

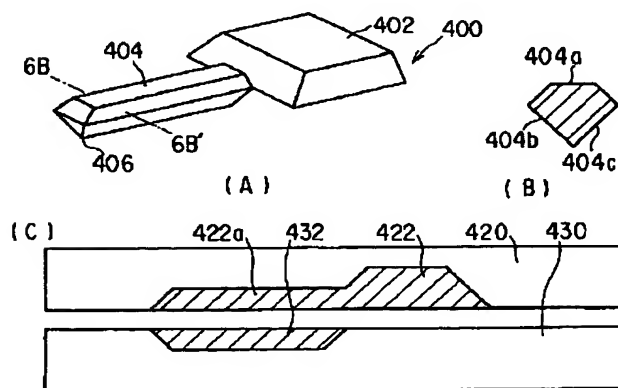
【図6】(A)は第四の実施の形態による梁構造体の斜視図、(B)は(A)の6B-6B'線による断面図、(C)は(A)の梁構造体の作製方法を説明するための図である。

【図7】(A)は第五の実施の形態による梁構造体の斜視図、(B)は(A)の梁構造体の7B-7B'線による断面図、(C)は従来の梁構造体の構造を示す断面図である。

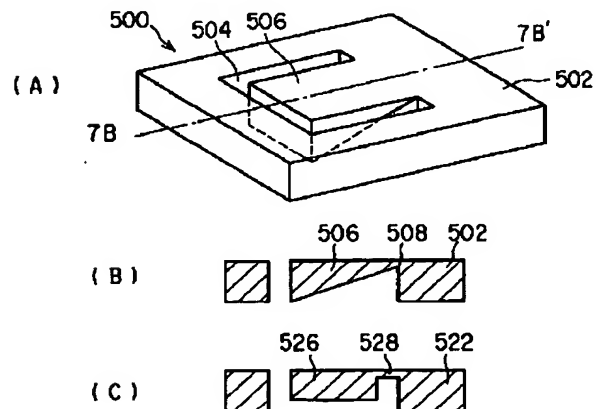
【符号の説明】

110…梁構造体、112…支持部、114…中間支持部、116…片持ち梁部、118…突起部。

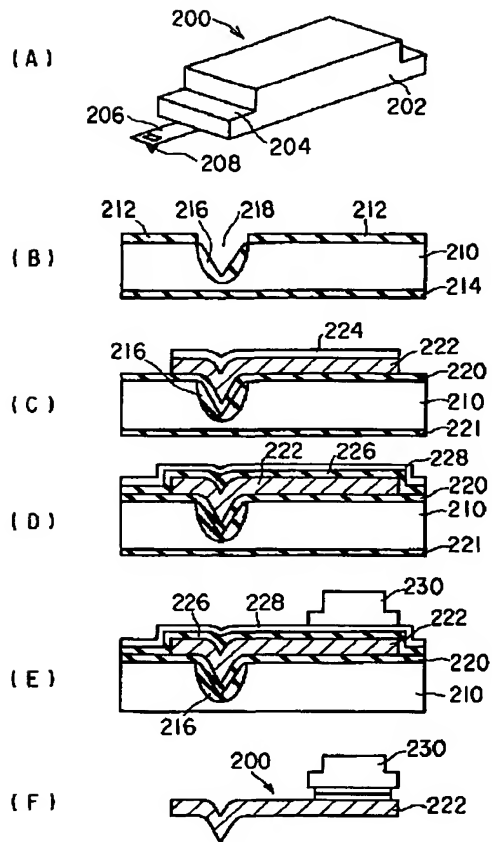
【図6】



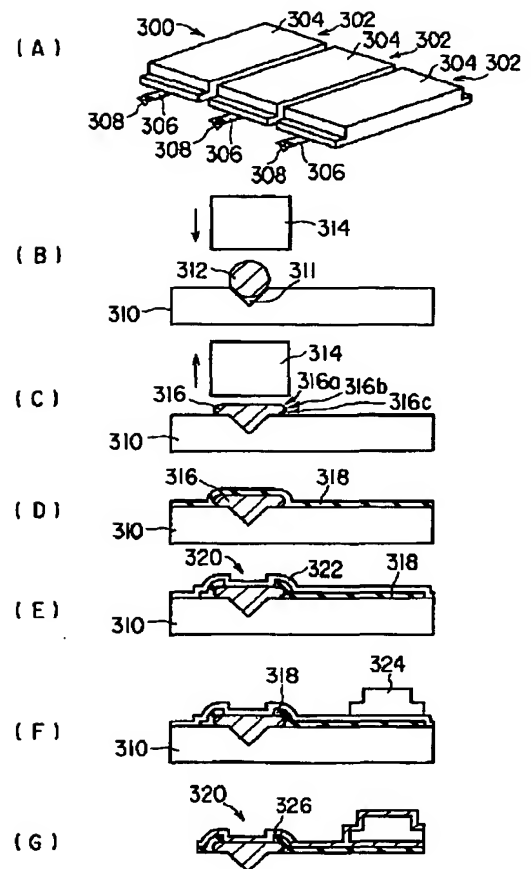
【図7】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

G 0 1 P 15/12

H 0 1 L 21/3065

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 P 15/12

H 0 1 L 21/302

技術表示箇所

A